

理學博士 牧野富太郎 創始 主幹 藥學博士 朝比奈泰彥

植物研究雑誌

THE JOURNAL OF JAPANESE BOTANY

第28卷 第11號 (通卷第310號) 昭和28年11月發行

Vol. 28 No. 11 November 1953

木村陽二郎*: 原形質体とその分化**

Yojiro KIMURA*: Protoplast and its different types.

(1) 原形質体と細胞 Protoplast and cell

細胞 cell という言葉はコルクの断片を顕微鏡で観察して記載する際に Robert Hooke (1665) が初めて用いたものであつて、彼のみたものは細胞膜 cell wall¹⁾ にかこまれ、空気で満たされた小部屋であつた。然し Hooke は他の多くの細胞が流動体の内容物を持つことに気がついてはいたといふ。

Dujardin (1835) は淡水産の有孔虫類の原形質に注目し、これを sarcodite と名付けた。Purkinje (1839) は現在の原形質の言葉としては encylyema を用い、動物の卵子及び胚をつくる物質について protoplasm の言葉を用いたが、Hugo von Mohl (1832, 1846) は既に protoplasm を植物の生きた物質に用いた。Dujardin の sarcodite も von Mohl の protoplasm も同一のものである事は Cohn (1850), Unger (1855) によつても明らかにされ、Max Schultze (1861) によつて確定され、生物は植物も動物も共に protoplasm からなる事が判然とした。

現在もときに protoplasm の語が細胞の体として用いられているが²⁾、sarcodite も

* 東京大學教養学部生物学教室 Biological Institute, College of General Education, University of Tokyo, Komaba, Meguro-ku, Tokyo.

** 本論文の一部は日本植物学会第18回大会で講演したものである。

1) 細胞膜は近頃では殆ど総ての外人が cell wall を用いる。cell membrane の語はむしろ原形質膜 plasma membrane と同意語に用いられる事が多いから注意すべきである。ただし cell wall の訳語としては細胞壁をとらず、細胞膜でよいと思う。

2) M. Hartmann (1927) は総ての細胞は protoplasm 又は cytoplasm と呼ばれる Zelleib からなると記している。三好学: 植物学講義 (1920) には protoplasm も protoplast も共に原形質と訳されている。これは最新植物学 (1931) においても同じである。

protoplasma も物質として述べられているのであつて細胞の体として述べられていない。細胞の体としての言葉も必要であつて, Hanstein (1880) は細胞体 Zellleib という意味から **Protoplasm¹⁾** という言葉を初めて用いた。

protoplasm の訳語として **原形質体²⁾** または **原形体³⁾** が使われたが, 原形体は変形体 plasmodium⁴⁾ に用いられたり, 前葉体 prothallium⁵⁾ に用いられたりしたので, protoplasm は原形質体と訳す方がはつきりし, 原形質と結びついて考えられるし, また原形質体の方が原形体より古い訳語であるから原形質体の訳をとりたい。

原形質と原形質体との区別は一方は物質 (物質系) として, 他的一方は生物の生活単位, 即ち体として用いられ, 区別は明らかである。原形質流動はあつても, 原形質体流動はない。

以上のことから

細胞 cell = 細胞膜 cell wall + 原形質体 protoplasm となり, 細胞膜は植物にあつて動物にないから, 動物では

細胞 cell = 原形質体 protoplasm といえる。植物では死んだ細胞を体中に持つことが多く, ときどきしては原形質体はなくなっていても細胞の言葉を用いる。即ち

細胞 cell = 細胞膜 cell wall 然しこれは例外的のものである。

Hanstein が protoplasm を用いたのも以上の意味であつたし, その後の殆ど総ての生物学書⁶⁾, 生物学辞典⁷⁾ ではこの意味に用いている。

しかし, 以上の意味だけで終るならば, 細胞の概念が Robert Hooke の時代とは格段の差がある今日, protoplasm の言葉のもつ意義はさほど重要とはいえない。現在, 欧米では protoplasm の語が多く用いられているのに比し, 我が国では殆ど用いられず⁸⁾, ただその言葉を紹介するにとどまる⁹⁾。細胞研究の歴史の上から考えて, 細胞 cell

1) Wilson (1922) は彼の著, The cell に色素体を protoplasm とよんだが, 3 版 (1925) では Hanstein の意に用いている。

2) 原形質体 (山内繁雄: 細胞と遺伝 1914) (田原: 細胞学総論 1928) (篠遠訳: ウィルソン細胞 1938) (湯浅: 細胞学 1942)。

3) 原形体 (山羽: 細胞 1929) (小倉: 植物形態学 1934)。

4) plasmodium を原形体と訳すもの (三好: 植物学講義 1911, 実験植物学 1909) (郡陽: 植物の形態, 1951)。

5) prothallium を原形体と訳すもの (田原: 細胞学総論 1928) (湯浅: 細胞 1942) 三好博士は prothallium を扁平体とし, 古い書物にはこの名が多い。

6) たとえば Lundegårdh (1922) Seifriz (1936)。

7) たとえば Jackson, Glossary of botanical terms 4ed. (1928), Abercrombie, C. J. Hickman, M. L. Johnson, A dictionary of biology (1951)。

8) 例え一般の生物学書の井上, 生物学 (3 版 1947) 湯浅, 生物学 (1950) 常谷他, 生物の科学 (1950) に原形質体 protoplasm の言葉は全然でてこない。

9) 田原 (1928), 山羽 (1929), 小倉 (1934), 湯浅 (1942), 我が国で原形質体 protoplasm の最も書かれてあるのは木村陽二郎: 生物学 (1952) であろう, ただしこれも徹底を欠いており, 版を改めて充分にしたい。

の言葉を細胞膜 cell wall にすぐむすびつけることはないから、我が国では protoplast の言葉を用いることが今まで殆どなかつたことも理解できる。

(2) 細胞説の破綻と原形質体の用語の必要性 The failure of cell theory and the necessity of the term "protoplast"

Hooke の細胞の発見の後、Malpighi (1671-1672) 及び N. Grew (1671-1672) は多くの生物に細胞を見て、前者は細胞を utriculus と後者は bladder と言つたが、其後の多くの学者の研究を経て、終に Schleiden (1838), Schwann (1839) によつて生物は細胞からなるといつ細胞説 cell theory が唱えられるようになつた。細胞説のもつ一つの眼目は生物体は一つの細胞から生じるということであつて Schleiden は観察の誤りから、細胞内に細胞が新らしく作られるとしたのではあるが、細胞は細胞から生じる事を主張したのであつた。細胞が細胞分裂により生じる事が明らかにされて、Virchow (1855) の「細胞は細胞から」*omnis cellula e cellula* の宣言となつた。

Mirbel が既に図を画いていたに拘らず、その一般性を見逃していた核を Robert Brown (1831) が発見した後、「細胞はその内部に核を持つ原形質の一塊」と定義されるようになつた (Max Schultze 1861)。この定義と生物は細胞からなるとの説とが一般の生物では受け入れができるものの、シーノサイト coenocyte, 変形体 plasmodium, また細菌や藍藻の核の有無等が次第に言わればしてくると、この二つの事柄が矛盾を生じてきた。この事は多くの著者の述べるところである。

原生動物が単細胞であるとされて細胞説はさらに強力となつたとみえたが C. Dobell (1911) は原生動物が単細胞といはず非細胞動物 non-cellular animal というべきことを主張したし、Lindfors (1915) も非細胞 nichtzellulige の語を用いた。

Coenocyte に多核細胞の名を与えて、多核細胞は 1 核の細胞と相同ではなく、むしろ多細胞に相当する。故に原形質のつながりよりも核の数を重んじた人は、多核の原形質体にあつても 1 核とそれをとりまく原形質を生理的単位として細胞領域 (Virchow) とか Energide (Sachs 1892) とかの名を与えた。M. Hartmann (1927) は生理的意義をもつた Energide を形態学的意義に及ぼしているが、然しながら、シャジクモ Chara の原形質流動を見てもわかるように核を中心とする Energide は形態的に常に一定のものではない。即ち核をかこむ細胞質の範囲は一定していない、故に Energide を生物構成の単位として細胞におきかえることは不適当である。

それで原形質体 protoplast を定義して、

「原形質膜で仕切られた原形質の一塊」とし、「生物は原形質体よりなる」という、いわば 原形質体説 protoplast theory ともいるべきものを提唱し、細胞を定義して「一核を持つた原形質体」とする事にしたい。そうすれば細胞は原形質体のあらわす一つの型であつて、原形質体は細胞の言葉を生かして、これを包含するものであり、原形質体説は細胞説を生かして、これを包含するものである。

(3) 細胞の構成 The constitution of a cell

細胞の構成の部分の名称についてけ人によつて言葉が違ひ、また同じ言葉でも意味が違うが筆者の考えによつてその主な構成の部分を記せば次のようになる。

Table 1.

		細胞膜 cell wall	
細胞 cell	原形質体 protoplast	細胞質	cytoplasm
		細胞質体 cytoplast	ミトコンドリア mitochondria
		色素体	plastid
		中央体	centrosome
		核	karyoplasm
		染色糸	chromonema
		仁	nucleole

〔註〕染色糸 chromonema が核の分裂の際に螺旋状に卷いて短くみえるようになつたときを染色体 chromosome といふ。動物の細胞では細胞膜と色素体はない。原形質体は原形質膜によつて、核は核膜によつて境される。

(4) 原形質体の諸型について The types of the protoplast.

原形質体には多くの型 type がある。これ等の多くの型に分けてしまつて原形質体といふ名が解消するのではない。これ等の諸型を総合するものとして原形質体といふ名が必要なのであつて、この言葉が最も正確に、最も便利に用いられるのである。細胞といふ言葉はこれに対して意味が限定せられる。この事はわかりきつたことではあるが念のために強調する次第である。

原形質体は核についていえば核膜によつて細胞質と区別される核である真正の核を持つものと持たないものに区別され、核を持つものは一核か多核となる。このような原形質に名を与えるならば次のようになる。

無核原形質体	akaryoplast	一核原形質体	monokaryoplast
		二核原形質体	dikaryoplast
有核原形質体	karyoplast...	二形核原形質体	dimorphokaryoplast
		多核原形質体	polykaryoplast

細胞膜の有無についていえば次のような型に分けられる。

裸原形質体 gymnoplast (Pfeiffer 1897)

被原形質体 dermatoplast (Pfeiffer 1897)

色素体についていえば色素体のあるものとないものとに分けられる。

無色素体原形質体 aplastidoplast

有色素体原形質体 plastidoplast

原形質体の形質の進化を考えるならば無核から有核へ、無色素体から有色素体へであろう、細胞膜の有無について言えば裸のものから細胞膜を持つものであろうが、現在、無核で無色素体である細菌植物、藍藻植物が細胞膜を持つことから、細胞膜の形成は歴史が古いとみなさなければなるまい。ただこの無核生物（細菌植物、藍藻植物）が他の植物とは細胞膜の性質がどのように違うかの更に深い研究を待つ必要があるであろう。

有核のものでは二核のものは一核のものから進化したであろう。二分裂によつてのみ繁殖する生物は分裂の過程外では当然一核原形質体のみを持つが有性生殖をするものでは短い間であつても必ず二核原形質体のときがある。アメーバは一般に有性生殖をせず一核であるが、*Amoeba diploidea* のみは二核性であつて¹⁾、2個体の2個の核の融合によらず細胞質の融合によつて二核性のものがみられる。この二核が融合する時期は後にずれるのである。二核の融合のずれは真菌植物の二核性の菌系にもみられる。

二形核という言葉は新らしいが、これは一つの原形質体に形が大きさを異にする二つの核をもつことであつて、滴虫類にみられゾウリムシはそのよい例である。大核と小核とがあり、大核は栄養核、小核は生殖核と言われている (R. Hertwig)。これも進化した一つの型である。

核が分裂して多数となつても原形質体が分れぬときは多核原形質体となる、アメーバの類でも、たとえば *Pelomyxa palustris* は多核である。然し一般には多数の一核原形質体になる前提であることが多い。多核のものは一核のものより進化したものと一般的には言える。一核のものが多核のものとなるか、多細胞のものになるか進化の道は二つあつたと考えられる。

先にものべたように細胞は一核の原形質体である、しかし二核のものも二細胞の接合の結果であり二核の接合の前提である限り細胞と呼んで不都合はない。

細胞 cell = 一核原形質体 monokaryoplast

原形質体が多核で裸であれば変形体とよばれる、即ち

変形体 plasmodium = 多核原形質体 polykaryoplast + 裸原形質体 gymnoplast

ただ plasmodium 全体が總て生殖細胞となるものは偽変形体 pseudoplasmodium とよばれることがある。粘菌植物の *Plasmodiophora* はこの例である。

多原形質体が細胞膜をもつときはシーノサイト coenocyte とよばれる。

シーノサイト coenocyte = 多核原形質体 polykaryoplast + 被原形質体 dermatoplast もし多核原形質体が生物の一部にのみ、みられるときにはこれを syncytium とよぶ故に
シンシチウム syncytium = (細胞 cell + 細胞 cell +)

1) Hartmann の生物学教科書にくわしい、木村陽二郎「生物学」(世界書院) p. 36 にも紹介してある。

動物の心筋はその例である。植物でも syncytium の言葉が用いられる。キク科植物の乳管は多数の細胞が融合して生じるし、これに対しタコトウダイ科の植物のように核が多数に分れて細胞質が分れない場合がある。何れにしても植物ではやがて protoplast は死んでしまうのであり、植物体の一部に組織としてあるのであつて、当然独立の植物になり得ない。

(5) 生物における諸種の原形質体 Different types of protoplast in the living organisms

生物体は单一の原形質体からなるか、又は多数の原形質体からなる。一般的著書には単細胞生物と多細胞生物とに分けられているが、原形質体の立場からは單原形質体生物と多原形質体生物とに分たれる。故に原形質体の型から生物を分ければ

Table 2.

A 単原形質体生物 monoplastic organism

- a) 無核生物 akaryoplactic organism
- b) 単細胞生物 unicellular organism
- c) 二形核生物 dimorphokaryoplactic organism
- d) 変形体生物 plasmodial organism
- e) シーノサイト生物 coenocytic organism

B 多原形質体生物 polyplastic organism

- f) 半シーノサイト生物 semicoenocytic organism
- g) 多細胞生物 multicellular organism

半シーノサイト semi-coenocyte をシーノサイとの集りとみると、むしろ多シーノサイト polycoenocyte とよぶ方がよいかも知れないが、一般的慣習によることと、また半シーノサイトがシーノサイトと多細胞との中間形態とも見られぬでもないので半シーノサイトの言葉でよいであろう。

これ等は縦て細胞膜の有無、色素体の有無によつて区別せられる、今これ等によつて細分してこれ等の型が生物にどのように分布しているかをみよう¹⁾。

動物の後生動物 Metazoa に対して 9 と 10 を緑藻類を含めて後生植物 Metaphyta とよんでよいと思う、動物で原生動物 Protozoa に対し单原形質体植物を原生植物 Protophyta とよび両者を原生生物 Protista とよぶのもよい。無核生物 Akaryobionta である無核植物 Akaryophyta は原生生物に一応は入れてもよい。

1) 植物の門については本誌 28 卷 第 4 号、97-104 の木村陽二郎：植物の体系と系統樹の第 1 表 (98) を参照せられたい。

Table 3.

A 单原形質体生物 monoplastic organism

1 a ○ 無核生物——有細胞膜——無色素体: 細菌植物 Bacteriophyta, 藍藻植物 Cyanophyta

2 b ○ 單細胞生物——有細胞膜——有色素体: 鞭藻植物 Mastigophyta, 硅藻植物 Bacillariophyta, 綠藻植物の一部 a part of Chlorophyta

3 b ● 單細胞生物——無細胞膜——有色素体: 綠虫植物 Euglenophyta

4 b ○ 單細胞生物——無細胞膜——無色素体: 变形虫動物 Amoebida, 鞭虫動物 Mastigozoa, 根足動物 Rhizopoda, 孢子虫動物 Sporozoa

5 c ○ 二形核生物——無細胞膜——無色素体: 滴虫動物 Infusoria

6 d ○ 变形体生物——無細胞膜——無色素体: 粘菌植物 Myxophyta

7 e ○ シーノサイト生物——有細胞膜——無色素体: 古生菌植物 Archimycophyta, 藻菌植物 Phycomycophyta

8 e ○ シーノサイト生物——有細胞膜——有色素体: 管藻植物 Siphonophyta, 一部の綠藻植物 a part of Chlorophyta

B 多原形質体生物 polyplastic organism

9 f ○ 半シーノサイト生物——有細胞膜——有色素体: 車軸藻植物 Charophyta, 一部の綠藻植物 a part of Chlorophyta

10 g ○ 多細胞生物——有細胞膜——無色素体: 真菌植物 Eumycophyta

11 g ○ 多細胞生物——有細胞膜——有色素体: 紅藻植物 Rhodophyta, 褐藻植物 Phaeophyta, 綠藻植物の一部 a part of Chlorophyta 蕨苔植物 Bryophyta, 有莖植物 (3 門を含む) Cormophyta (containing 3 phyla)

12 g ○ 多細胞生物——無細胞膜——無色素体: 後生動物 (15 門を含む) Metazoa (containing 15 phyla)

(6) 綠藻植物の原形質体の諸型 The many types of protoplasts of Chlorophyta.

先の表では各門は原形質体の一つの型を持つてゐるのに対し綠藻植物は多くの型を持つてゐる。勿論、他のものも例外的には他の型を持つてはいる。真菌類の囊子菌類の *Schizosaccharomycetes* や紅藻類の *Porphyridium* 等は単細胞といえる。しかし綠藻類は一つの代表的な型を見出しがたいほどである。各々の目をみると接合藻目 Conjugales (2, 11), ボルボツクス目 Volvocales (2, 11); クロロコツクス目 Chlorococcales (2, 9, 11); ヒビミドロ目 Ulothrichales (9, 11), シオグサ目 Cladophorales (9); カエトフォラ目 Chaetophorales (9, 11); サヤミドロ目 Oedogoniales (11); ミル目 Codiales (8, 9, 11)

従来、動物学者は原生動物の中にボルボックス目 Volvocales を入れてきた。Harder 氏 (1951) は最近これを綠藻から離して鞭藻植物と一諸においているが、この事は賛成できない、他の性質、例えば鞭毛の性質を考えても生殖の方法からも綠藻植物と同じ群にすべきであつて従来、原生動物に入れてあるのは習慣にすぎない。

(7) 原生動物について On the Protozoa

今まで原生動物は動物の一門をなし、一般に肉質類 Sarcodina, 鞭虫類 Mastigophora, 滴虫類 Infusoria, 孢子虫類 Sporozoa の4群に分たれた。そして肉質類には粘菌植物を、鞭虫類には鞭藻植物、綠虫植物、綠藻植物の Volvocales をも入れていた。然し生物としての体系が要求されるとき、これ等を区別し、さらに原生動物を次の5門に分けるのが適當と考える。

I 無配偶動物 Agamozoa: Phylum 1) 変形虫動物 Amoebida, Phylum 2) 鞭虫動物 Mastigozoa

II 多エネルギー核動物 Polyenergidozoa: Phylum 3) 根足動物 Rhizopoda, Phylum 4) 孢子動物 Sporozoa

III 二形核動物 Dimorphokaryozoa: Phylum 5) 滴虫動物 Infusoria

Hartmann の单又は多 energid の細胞の説は棄てるが、彼の单又は多 energid の核の説は生かすべきものと思う。多エネルギー核動物は多 energid の核を持つものがある群をいうのであつて、一つの核が実は多数の核の集合体であるものである。二形核動物の滴虫類は形を異にした二核を持つ、即ち大小の両核を持つものであつて、小核は单エネルギー核の、大核は多エネルギー核である。ただ滴虫類の多エネルギー核は生殖にはあづからないのである。なお根足動物には有孔虫類 Foraminifera, 太陽虫類 Helizoa, 放散虫類 Radiolaria が、滴虫動物には纖毛虫類 Ciliata, 吸管虫類 Suctoria が含まれる。

Résumé

Recently the name Protoplast is used more and more instead of the name cell. The term protoplast invented by Hanstein signifies one unit of the protoplasmatic mass regardless cell wall. The writer will say that the following definition of the protoplast and of the cell is the most appropriate one; the protoplast is the unit of the protoplasmic mass separated from the surrounding by the plasma membrane, while the cell is the uninucleate protoplast.

The living organism consists of one or more protoplast (protoplasm-theory). There are different types of protoplast which are shown by existence or absence of true nucleus, cell wall and plastid. The living organisms are divided into the groups by the types of the protoplast (Table 2).

The phyla of the living organisms belonging to these types are indicated in the Table 3. In this table alphabets correspond to those of the types indicated in the table 2. The sign ◎ indicates the protoplast with the cell wall and without the plastid; ◎ the one with the cell wall and with plastid; ● the one without cell wall and with plastids, ○ the one without cell wall and plastid. Each phylum has one type of the protoplast with or without few exceptions, except the phylum Chlorophyta. By the special construction of the nucleus, Protozoa (excluding Protophysa) may be divided into the following five phyla, Amoebida, Mastigozoa, Rhizopoda, Sporozoa and Infusoria. The phyla of plants was indicated in J. J. B. 28, no 4, 98 (1953) written by this writer.

主 要 文 献

Bessey, E. A.: Morphology and taxomomy of fungi (1950). Fritsch, F. E.: The structure and reproduction of the algae 1 (1948), 2 (1952). GUILIERMOND, A., MANGENOT, G. & L. PLANTEFOL, TRITÉ DE CYTOLOGIE VÉGÉTAL (1932). Harder, R., STRASBURGER, Lehrbuch der Botanik 25 ed. 3 Teil, Systematik (1951). Hanstein, J. von, Das Protoplasma als Träger der pflanzlichen und thierischen Lebensvorrichtungen (1880). Hartmann, M., Allgemeine Biologie (1927). Lundegårdh, H., Zelle und Cytoplasma (1922). Reichenow, E., Doflein, Lehrbuch der Protozoenkunde 6 ed. (1949). Sharp, L. W., An introduction to cytology 2 ed. (1926) 3 ed. (1934), —, Fundamentals of cytology (1943). Wilson, E. B., The cell in development and heredity 1 ed. (1922), 3 ed. (1925).

追 記

本文において多細胞生物における原形質体の分化についても議論を進めるはずであつたが長くなるのでこれまでに止めた。そのために原形質体の更につき進んだ考察に及ばなかつた点があるが他の機会にゆずりたい。

なお本誌本巻の第4号の98頁のTable I *Systema plantarum*において(9)藻菌植物 *Phycomycophyta* nom. nov. は (Pascher 1931) に (10) 真菌植物 *Eumycophyta* (F. Maekawa 1947) は (Tippo 1942) に変更する。Pascher論文のには *Phycomycophyta* として簡単ながらその名がのつており、筆者が見落していたのだし、*Eumycophyta* は病中でたしかめ得なかつた Tippo 氏の論文を其後、読んだためである。氏の *Eumycophyta* の範囲も藻菌類を含み筆者のとは異なる。なお鞭毛の型で *Euglena* の鞭毛を羽にたとえたがこれは、むしろ櫛(クシ)状とし、藻菌植物等の附属糸のある鞭毛をブラッシ状としたが、むしろこれを羽状とあらわした方がよい。